心理学报 2018, Vol. 50, No.1, 36−46
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2018.00036

经颅直流电刺激右侧颞顶联合区对助人意图加工的影响*

甘 甜[1] 石 睿[1] 刘 超[2] 罗跃嘉[3,4,5]

([1]浙江理工大学心理系，杭州 310018) ([2]北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室，北京 100875)
([3]深圳大学心理与社会学院；[4]深圳市情绪与社会认知科学重点实验室，深圳 518060)
([5]成都医学院四川应用心理学研究中心，成都 610083)

摘 要 对意图信息的理解是影响道德判断的重要因素，已有研究证实在伤人行为道德判断中，右侧颞顶联合区与意图加工具有因果关联，而在助人行为道德判断中，意图加工的作用及其关键脑区还不清楚。本研究采用经颅直流电刺激技术阴极刺激右侧颞顶联合区，考察抑制该脑区的活动对被试在道德判断中对助人意图信息加工的影响。结果发现在助人行为道德判断中，个体对正性助人意图的赞扬度评价显著高于中性意图，对正性结果的赞扬度评价显著高于中性结果，二者没有交互作用；且只在正性意图条件下，阴极刺激被试右侧颞顶联合区后，其做出道德判断的反应时显著缩短。该结果揭示了右侧颞顶联合区在助人意图加工中的核心作用，抑制该脑区的激活能影响个体在道德判断中对助人意图的加工。

关键词 助人意图；结果；道德判断；右侧颞顶联合区；经颅直流电刺激
分类号 B845; B849:C91

1 前言

助人行为是指无私地关心他人并提供帮助的行为(Kawamichi et al., 2016; Schulz, 2016; 张向葵，盖笑松，陈彩琦，宋小冬，1996)。在所有社会中，向他人提供帮助都是一种具有极高社会价值和意义的行为(Loke, Evans, & Lee, 2011)。一直以来，助人行为也是非常重要的心理学研究课题，迄今已有大量研究揭示了与助人行为相关的因素，包括社会情境、人格特质、认知和发展等(Kawamichi et al., 2016; Liu, Teng, Lan, Zhang, & Yao, 2015; Loke et al., 2011; Paulus, Kühn-Popp, Licata, Sodian, & Meinhardt, 2013; Rand et al., 2014; Schulz, 2016; Weng, Fox, Hessenthaler, Stodola, & Davidson, 2015)。其中，个体的亲社会推理判断能力被证实与实际助人行为之间存在显著相关(Neff, Turiel, & Anshel, 2002)，考察助人行为道德判断推理加工的机制，对助人行为的研究具有极大的参考价值。然而迄今为止，涉及道德判断机制的研究大多只关注了违背伦理或对他人、社会带来伤害的负性行为，考察助人行为道德判断心理和神经机制的研究仍然非常缺乏。虽然积极心理学的兴起使得一些研究者开始关注积极的道德情绪、合作行为的心理和神经机制，以及对美德的主观反应等问题(Izuma, Saito, & Sadato, 2010; Leiberg, Klimecki, & Singer, 2011; Malti & Krettenauer, 2013; Rand, Greene, & Nowak, 2012; Weng et al., 2015)，但这些研究关注的还是不同正性情绪的区别及其神经机制，很少有研究关注助人行为的道德判断机制。2011 年，Loke 等(2011)采用事件相关电位技术(event related potential, ERP)考

收稿日期: 2016-10-26
* 国家重点研发计划重点专项(2017YFC0803402)、国家自然科学基金面上项目(81471376, 31571129, 31170971, 61210010)、国家自然科学基金青年项目(31400878)、国家社科基金重大项目(12&ZD228)、教育部人文社会科学研究青年基金项目(14YJC190005)、浙江理工大学“521 人才培养计划”资助。
共同通信作者：刘超, E-mail: liuchao@bnu.edu.cn；罗跃嘉, E-mail: luoyj@szu.edu.cn

察了个体在观看他人在需要或不需要帮助的情境下做出助人行为决策时的心理过程，并发现个体亲社会特质与脑电成分 P3 的潜伏期显著相关。该研究首次考察了人们对他人做出的助人决策进行推理判断的大脑活动。但是，它只是单纯地考察了个体评价他人做出助人决策是否适当时的反应，而没有涉及到道德判断加工中的一个重要因素——意图。

已有研究发现，判断一个行为在道德层面上是否正确，通常取决于我们对行为意图与行为结果的了解，合理的道德判断不仅依据行为结果，更依据个体的心理状态和意图(Young, Cushman, Hauser, & Saxe, 2007; Young & Dungan, 2012)。Young 等人(Young et al., 2007; Young, Scholz, & Saxe, 2011)采用道德判断意图−结果任务，通过一系列研究揭示了道德判断中意图信息加工的重要性及其与结果因素的交互：在中性意图下，与中性结果(即无伤人)相比，被试给予负性结果(即意外伤人)更高的谴责或更低的允许度评价，而在负性意图下，被试对中性结果(伤人未遂)和负性结果(伤人成功)的谴责或允许度评价无显著差异(Moran et al., 2011; Young et al., 2007, 2011)。此结果表明在道德判断中，人们会综合考虑意图和结果信息，且与结果因素相比，意图因素显得更加重要(Young et al., 2007)。但是这些研究结论都是基于伤人行为的道德判断材料得出的，已有研究表明人们对伤人行为和助人行为的判断评定可能存在差异(Pizarro, Uhlmann, & Salovey, 2003)。那么，在助人行为道德判断加工中，意图加工占据怎样的位置？其与结果因素是否存在交互？Young 等人(2011)曾编写了 24 个助人行为的意图−结果道德判断故事以考察人们在道德判断中对助人行为的意图和结果的交互加工，结果发现了与伤人行为道德判断类似的意图与结果因素的主效应和交互作用，但是，该研究所采用的助人故事仅涉及到日常生活中的捐赠、慈善和环保等亲社会行为，而经典的伤人行为道德判断意图−结果任务主要涉及的是伤人、谋杀等情绪唤醒度和强度都较高的负性行为，这两组实验材料在内容上不具备足够的可比性(Gan et al., 2015)。为此，Gan 等人(2015)采用涉及救死扶伤等能够使他人避免伤亡的助人行为材料发现在助人行为道德判断意图−结果任务中，意图和结果因素的主效应显著，而交互作用不显著，由此提出个体在对涉及生死的助人行为进行赞扬程度判断时，结果因素的重要性提高，意图和结果的交互减少。

在神经机制方面，功能磁共振成像(function magnetic resonance imaging, fMRI)研究发现右侧颞顶联合区(the right temporo-parietal junction, RTPJ)的活动在伤人行为的意图−结果道德判断加工中发挥重要作用(Koster-Hale, Saxe, Dungan, & Young, 2013; Young et al., 2007, 2011)。首先，在经典的心理理论任务中，RTPJ 显著激活(Gobbini, Koralek, Bryan, Montgomery, & Haxby, 2007; Perner, Aichhorn, Kronbichler, Staffen, & Ladurner, 2006)，且在道德判断任务中，当被试加工意图信息时，RTPJ 的激活程度显著高于基线水平，这些研究结果表明 RTPJ 与意图、信念信息的编码加工有关(Young et al., 2007, 2011)；其次，RTPJ 具有整合意图与结果的高级功能，在伤人行为意图−结果道德判断中，RTPJ 的激活与意图和结果因素有显著交互作用，与其他三个实验条件相比，在负性意图中性结果(即伤人未遂)条件下，RTPJ 的激活程度最高(Young et al., 2007)，且在先呈现意图、再呈现结果预示信息和实际结果信息时，RTPJ 脑区也有显著激活(Young & Saxe, 2008)，表明 RTPJ 在意图−结果道德判断中不仅与简单的意图信息编码有关，还涉及意图和结果信息的整合加工(Koster-Hale et al., 2013; Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008)。此外，有关心理理论的 fMRI 研究还发现在没有明确的心理理论任务要求时，RTPJ 的激活与个体对他人欲望、信念的自动推理加工有关(Harenski, Antonenko, Shane, & Kiehl, 2010; Yu, Li, & Zhou, 2015)，由此提出 RTPJ 有可能参与了对意图信息的自动自发的推理加工(Young & Saxe, 2009)。

随着认知神经科学技术的发展，当前研究已不仅局限于采用脑成像的方法去探究各个与心理加工有关的脑区，还能够采用无创脑刺激技术(noninvasive brain stimulation, NBS)来考察特定脑区与认知加工的因果关联(伊国胜, 王江, 魏熙乐, 邓斌, 2016)。无创脑刺激技术是近年来脑科学领域常用的一种新技术，它基于电磁感应原理，采用磁场或电场以非侵入的方式刺激人脑神经组织，从而达到无创、无痛地影响和调节脑功能的目的。经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)和经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)是两种常见的无创脑刺激技术。2010 年, Young, Camprodon, Hauser, Pascual-Leone 和 Saxe 等人(2010)采用 TMS 干扰 RTPJ 脑区的激活，发现 TMS 刺激 RTPJ 脑区导致被试在道德判断中更少地考虑行为

人的意图和信念，尤其在伤人未遂条件下，与控制组相比，TMS 刺激组的被试给予了行为人更高的允许度评价。该研究首次证实了 RTPJ 脑区活动与道德判断意图加工的因果关联，采用 TMS 干扰 RTPJ 激活会降低被试在道德判断、尤其是伤人未遂条件下对意图信息进行加工的能力。与 TMS 相比，tDCS 以其易便携、价格低廉等特点，近年来受到认知神经科学研究者的青睐。tDCS 是一种非侵袭性、利用恒定、低强度直流电(1~2 mA)调节大脑皮质兴奋水平的技术，它由阳极和阴极两个电极片构成，其中阳极电极引起的阳极刺激(anodal stimulation)通常可以提高目标脑区的皮质兴奋性，而阴极电极引起的阴极刺激(cathodal stimulation)通常会降低目标脑区的皮质兴奋性(Filmer, Dux, & Mattingley, 2014; Jacobson, Koslowsky, & Lavidor, 2012; 伊国胜等, 2016)。已有研究表明 tDCS 是一种非侵袭性的考察记忆、决策和思维等高级认知加工中相关脑区作用的有效技术手段(Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014; Jacobson et al., 2012; Shekhawat, Stinear, & Searchfield, 2015; Shin, Foerster, & Nitsche, 2015)。2013 年，甘甜等人(2013)采用 tDCS 技术首次考察了 RTPJ 与伤人行为道德判断中意图信息加工的因果关联，其结果表明在伤人未遂和意外伤人条件下，相比假刺激条件，阳极刺激 RTPJ 条件下被试做出道德判断的反应时显著延长，证明提高 RTPJ 的皮质兴奋性会影响个体在伤人行为道德判断中对意图信息的加工。之后，Sellaro 等人(2015)采用组间设计，让被试的 RTPJ 脑区随机接受阳极刺激、阴极刺激和假刺激，结果发现与阴极刺激和假刺激组相比，接受阳极刺激的被试给予意外伤人条件更少的谴责。同年，Ye 等人(2015)同时对左侧和右侧 TPJ 脑区给予阳极和阴极 tDCS 刺激，结果发现抑制左侧或右侧 TPJ 都能削弱道德判断中意图加工的作用，导致被试更加依赖行为结果做出道德判断，且抑制 RTPJ 脑区的激活导致被试在判断伤人未遂和故意伤人情况时反应时显著缩短。由于刺激参数和实验设计的不同，以上研究结果在细节上有所不同，但都一致证明了 RTPJ 在伤人行为的道德判断中，与意图信息加工的因果关联，促进 RTPJ 脑区的激活导致被试在道德判断中更多地考虑意图信息、道德判断的反应时延长，反之，抑制该脑区的激活导致被试在道德判断中更多地依赖结果信息，更快地做出道德判断。

但是，以上研究大多是关于伤人行为的，在助人行为道德判断中，RTPJ 发挥了什么作用？Young 等人(2011)采用 fMRI 发现在助人行为道德判断意图–结果任务中，RTPJ 脑区高度激活，由此证明该脑区在助人行为道德判断中也发挥着非常重要的作用。但是，已有研究表明伤人行为和助人行为的道德判断机制可能是存在差异的(Gan et al., 2015; Pizarro et al., 2003; Young et al., 2011)，这种差异是否会表现在 RTPJ 对道德判断意图加工的影响上？RTPJ 在助人行为意图加工中是否也发挥着核心作用？Young 等人(2010)发现抑制 RTPJ 脑区激活会使个体在伤人行为道德判断中更少地考虑行为人的意图，类似的，采用 tDCS 短暂抑制 RTPJ 激活是否也会对助人意图的加工产生干扰？为了回答以上问题，本研究拟采用助人行为道德判断意图–结果任务，通过 tDCS 抑制 RTPJ 的皮质兴奋性，以考察该脑区皮质兴奋性的降低对助人行为道德判断中意图加工的影响。基于已有研究基础(Gan et al., 2015; 甘甜等, 2013)，我们预期在涉及生死的助人行为道德判断中，意图和结果因素都非常重要，且两者没有显著交互作用；RTPJ 主要与助人行为的意图加工有关，其皮质兴奋性的降低会削弱意图加工在助人道德判断中的作用，导致被试更快地做出道德判断。

2 方法

2.1 被试

18 名在校大学生，8 名男性，10 名女性，平均年龄 22.44 ± 1.57 岁($M \pm SD$)。被试均身体健康，无脑部损失史，无精神系统疾病，无癫痫或癫痫家族史，右利手，视力正常或矫正视力正常。实验前所有被试签署知情同意书，实验后付给被试一定报酬。

2.2 实验材料

实验材料为 32 个 Gan 等人(2015)编写的助人意图–结果道德判断故事，每个故事包括背景、预示、意图、行为和结果(见图 1)。意图和结果两个自变量分别包括正性和负性两个水平，2 × 2 交互组成 4 种故事条件：无助人(中性意图、中性结果)、意外助人(中性意图、正性结果)、助人未遂(正性意图、中性结果)和成功助人(正性意图、正性结果)。所有故事分为两组，一组用于阴极刺激(cathodal stimulation)，另一组用于假刺激(sham stimulation)，分配被试间平衡。考虑到 tDCS 刺激可能会对阅读速度产生影响，对两组故事的背景信息字数进行了统计检验，无显著差异，$t(30) = 1.39$, $p = 0.17$。

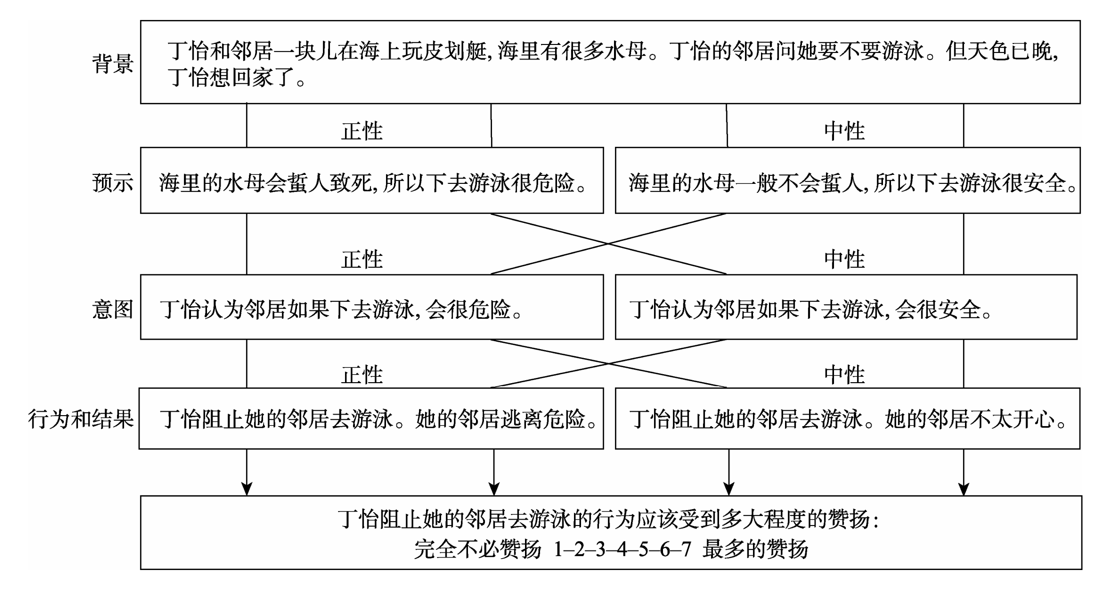


图 1　实验材料示意图

2.3　实验程序

本实验为 2 (tDCS 刺激：阴极刺激, 假刺激) × 2(意图：正性、中性) × 2(结果：正性、中性)的被试内设计。每名被试均接受一次 tDCS 阴极刺激和一次 tDCS 假刺激, 时间间隔 1 周, 顺序被试间平衡。被试先在静息状态下接受 tDCS 刺激, 之后立即完成助人行为意图–结果道德判断任务, 实验任务共包括 16 次试验, 时间约为 10 min。试验流程见图 2：依次在计算机屏幕上向被试呈现背景、预示、意图、行为和结果信息, 被试看完各部分后按键消失, 为使被试注意力保持集中并控制实验时间, 如被试无按键行为, 呈现 15 sec 后背景信息消失, 呈现 6 sec 后预示、意图、行为和结果信息消失, 最后要求被试对故事主角的行为进行 1~7 分的赞扬程度评价, 1 分表示“完全不必赞扬”, 7 分表示“最多的赞扬”。采用 E-prime 2.0 软件编写实验程序并记录被试的评分和反应时, 为了考察和控制 tDCS 对被试情绪的潜在影响, 实验结束后要求被试填写《正性负性情绪量表》(Watson, Clark, & Tellegen, 1988)。

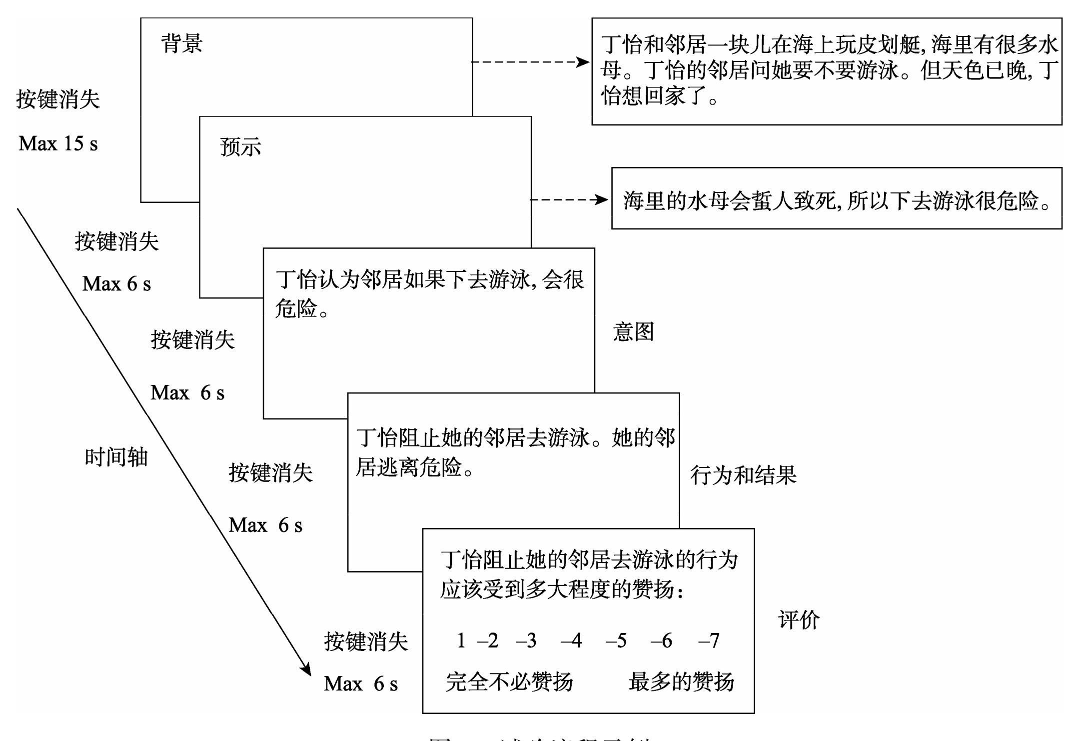


图 2　试验流程示例

2.4 经颅直流电刺激参数及方法

采用德国 neuroConn 公司的 DC-STIMULATOR PLUS 刺激仪器进行 tDCS 刺激，电极片面积为 5 cm× 7 cm。根据 EEG10-20 系统扩展的坐标和相关核磁定位研究(Jurcak, Tsuzuki, & Dan, 2007)，将阴极电极放置在被试头皮右侧 CP6 和 P6 电极点中间位置(Young et al., 2007; Young & Saxe, 2009)，参考电极放置在左侧脸颊(这是人体头部距离目标脑区最远的位置)。依据已有研究(甘甜等, 2013)，为了保证目标脑区完全激活，在阴极刺激条件下刺激电流为 1.5 mA，刺激时间为 20 min；在假刺激条件下采用单盲设计，阴极电极在 RTPJ 上方头皮放置 20 min，但实际上在 15 sec 后 tDCS 阴极刺激已经停止，两种刺激条件的 fade in 和 fade out 时间都为 15sec (Keeser et al., 2011；甘甜等, 2013)。

3 结果

各实验条件下的被试的赞扬度评分均值和标准差见表 1。采用 2(tDCS 刺激：阴极刺激、假刺激) × 2(意图：中性、正性) × 2(结果：中性、正性)被试内重复测量方差分析对被试的赞扬度评价进行统计分析。结果表明意图因素的主效应显著，正性意图的赞扬度评分(5.75 ± 0.18)显著高于中性意图的评分(3.52 ± 0.27), $F(1, 17) = 90.60$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.84$；结果因素的主效应显著，正性结果的赞扬度评分(4.91 ± 0.20)显著高于中性结果的评分(4.36 ± 0.23), $F(1, 17) = 11.08$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.40$。其余效应都不显著($ps > 0.05$)。

表 1 助人行为赞扬程度评分($M \pm SD$)

刺激类型	中性意图		正性意图	
	中性结果(无助人)	正性结果(意外助人)	中性结果(助人未遂)	正性结果(成功助人)
阴极刺激	3.55 ± 1.38	3.86 ± 1.43	5.636 ± 0.88	6.14 ± 0.98
假刺激	3.03 ± 1.42	3.64 ± 1.27	5.25 ± 1.27	5.98 ± 0.83

各实验条件下的反应时均值和标准差见表 2。采用 2(tDCS 刺激：阴极刺激、假刺激) × 2(意图：中性、正性) × 2(结果：中性、正性)被试内重复测量方差分析对评价反应时进行统计分析发现意图因素的主效应显著, $F(1, 17) = 54.87$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.76$，正性意图下赞扬判断的反应时(1925 ± 137 ms)显著短于中性意图下赞扬判断的反应时(2464 ± 176 ms)；结果因素的主效应显著，正性结果下赞扬判断的反应时(2049 ± 172 ms)显著短于中性结果(2340 ± 159 ms), $F(1, 17) = 5.41$, $p< 0.03$, $\eta^2 = 0.24$。最重要的是意图与 tDCS 刺激的交互作用显著, $F(1, 17) = 5.32$, $p< 0.05$, $\eta^2 = 0.24$，进一步分析发现只在正性意图条件下，阴极刺激条件的反应时(1763 ± 141 ms)显著短于假刺激条件的反应时(2087 ± 176 ms)，而在中性意图下，阴极刺激(2551 ± 217 ms)与假刺激条件(2377 ± 214 ms)下的反应时无显著差异。其余效应都不显著($ps > 0.05$) (见图 3)。

表 2 助人行为道德判断反应时(ms, $M \pm SD$)

刺激类型	中性意图		正性意图	
	中性结果(无助人)	正性结果(意外助人)	中性结果(助人未遂)	正性结果(成功助人)
阴极刺激	2741 ± 232	2361 ± 250	1910 ± 176	1615 ± 176
假刺激	2514 ± 264	2240 ± 238	2194 ± 225	1979 ± 191

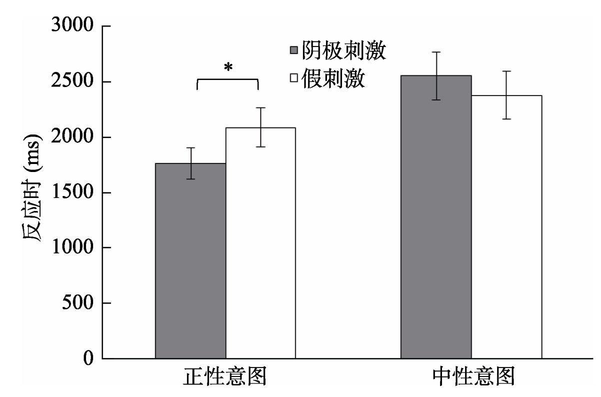


图 3 tDCS 实验助人行为评价反应时

tDCS 刺激结束后，个别被试报告在刺激刚开始时头皮有微弱痒刺感，几分钟后消退，没有被试发现两次 tDCS 刺激存在差异。为考察 tDCS 刺激对情绪的影响并检测单盲设计的效果，对两次实验后的《正性负性情绪量表》评分进行了统计分析，未发现显著差异($ps > 0.05$，见表 3)。为考察 tDCS 刺激对被试阅读速度的影响，统计比较了被试阅读故事背景信息的反应时，也未发现显著差异($ps > 0.1$，见表 4)。

表 3 两种 tDCS 刺激下被试情绪量表评分($M \pm SD$)

情绪	阴极刺激	假刺激	$t(17)$	p
正性情绪	23.44 ± 7.13	25.44 ± 7.02	−0.81	0.430
负性情绪	16.17 ± 5.38	15.50 ± 4.50	1.60	0.129

表 4 两种 tDCS 刺激下故事背景信息的阅读时间(ms, $M \pm SD$)

刺激类型	中性意图		正性意图	
	中性结果(无助人)	正性结果(意外助人)	中性结果(助人未遂)	正性结果(成功助人)
阴极刺激	8618 ± 3592	7810 ± 3596	8007 ± 2865	8195 ± 3023
假刺激	8007 ± 3206	7931 ± 3362	8319 ± 3506	8032 ± 2966

4 讨论

与伤人行为道德判断类似, 在我们评判助人行为时, 会考虑个体的欲望、意图、经验、行为结果和外部环境等诸多信息。本实验操控了其中意图和结果这两个道德判断的重要因素, 考察了两者在助人行为道德判断中的作用, 并采用 tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 脑区的皮质兴奋性, 以考察该脑区在助人行为道德判断中的重要作用。实验结果符合预期: 在救死扶伤的助人行为道德判断中, 意图和结果因素都非常重要, 且两者没有显著交互作用。同时, tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区后, 个体对助人行为做出道德判断的反应时显著缩短, 说明 RTPJ 皮质兴奋性的降低会削弱意图加工在道德判断中的作用, 导致被试更快地做出道德判断, 且该效应主要体现在正性意图、即助人未遂和成功助人两种情境下, 说明 tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区主要对意图而非结果信息加工产生显著影响。

已有研究表明, 在伤人行为意图−结果道德判断任务中, 道德判断的核心依据是意图因素(Young et al., 2007)。与该观点一致, 本研究发现在助人行为道德判断中, 意图信息加工同样发挥着至关重要的作用, 与中性意图相比, 被试会给予具有正性助人意图的行为更多的赞扬。早在 1979 年, Eisenberg (1979)就参考 Kohlberg 的道德两难研究方法, 采用亲社会的道德两难问题考察了儿童的亲社会道德推理发展阶段。在其提出的亲社会理论模型中, 确定行为意图并将其与行为联系起来是个体实施亲社会行为的重要阶段(王美芳, 庞维国, 1997)。由此可见, 意图加工在亲社会行为及道德判断中发挥着重要作用, 成熟、合理的亲社会道德判断必须依赖于对行为意图的理解和考虑。但与经典的伤人行为道德判断结果不同的是, 本研究并未发现意图和结果因素的交互作用, 只发现了显著的意图和结果因素的主效应。该结果重复验证了已有研究(Gan et al., 2015), 表明在助人行为道德判断中, 结果因素也非常重要。Gan 等人(2015)认为, 与伤人行为相比, 在助人行为道德判断中, 个体会更多地考虑结果因素, 从而削弱了意图和结果的交互作用。已有研究发现, 人们在做出是否要帮助他人的决策时, 不仅会考虑情境的紧急性、行为人的责任等因素, 还会受到个体对助人行为结果预期和结果程度的影响。例如, 与预期会受到不公正待遇的人们相比, 预期助人行为会受到公正待遇的人们会更愿意做出帮助他人的选择(王伟伟, 马婷, 李媛媛, 2013); 助人行为的结果程度和重要性也会影响助人决策, 人们会对遭受严重损失的他人给予更多的帮助(李艳霞, 2013; 王小康, 曾祥春, 2008)。本研究结果表明, 人们不仅在助人决策时会考虑结果因素, 与伤人行为道德判断相比, 在对助人行为做出赞扬评价时, 人们也会给予行为结果因素更多的考虑。助人行为作为一种正性、积极的事件, 其加工机制与伤人、杀人等负性、消极事件不同, 这种差异可能源于人们对正性和负性刺激加工的不同(Baumeister, Bratslavsky, Finkenauer, & Vohs, 2001)。例如, 在情绪研究领域, 大量研究发现人们对负性情绪刺激更加敏感(负性偏向) (Huang & Luo, 2006), 在道德研究领域, Pizarro 等人(2003)也发现个体对道德事件做出谴责和赞扬评价的标准和机制存在显著差异。

已有 fMRI 研究发现与伤人行为道德判断类似, 在助人行为道德判断中, RTPJ 脑区也有显著激活(Young et al., 2011), 但功能磁共振成像结果仅仅能揭示出相关关系, 本研究的结果在此基础上进一步揭示了该脑区与助人行为道德判断意图加工中的因果关联: 与假刺激条件相比, 在采用 tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区后, 被试做出道德判断的反应时显著缩短。与本研究结果类似, 已有研究也发现 tDCS 刺激会影响个体进行复杂的社会认知加工的反应时。例如, Karim 等人(2010)使用 tDCS 阴极刺激被试前额叶区域, 发现被试在欺骗行为中的反应时缩短。在伤人行为道德判断中, Ye 等人(2015)发现 tDCS 阴极刺激双侧颞顶联合区后, 个体反应时显著缩短。与此相对应的是, 甘甜等人(2013)证实 tDCS 阳极刺激 RTPJ 导致个体做出道德判断的反应时显著延长。这说明由于 RTPJ 皮质兴奋性的提高, 被试在道德判断时会花费更多的时间来考虑到意图信息, 从而导致反应时延长(甘甜等, 2013); 相反, 在本研究中, tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 的皮质兴奋性导致个体在做出道德判断时花费更少的时间考虑意图信息, 从而缩短了道德判断的反应时。这一系列的实验结果再次证明 RTPJ 并不是一个粗略地加工意图信息的脑区, 它与道德判断中意图和信念信息的输入有关(Young et al., 2010), 是一个具有编码、整合意图及相关信息和再次评价等高级功能的脑区(Saxe, Whitfield-Gabrieli, Scholz, & Pelphrey, 2009; Young & Saxe, 2008, 2009)。

与伤人行为道德判断不同的是, 本研究结果并未发现意图、结果和 tDCS 刺激的三阶交互作用, 仅仅发现了意图和 tDCS 刺激的显著交互: 在助人未

遂和成功助人条件下，与假刺激条件相比，tDCS 阴极刺激 RTPJ 后反应时都显著缩短，也就是说，只要故事主角具有助人的正性意图，相对中性意图而言，在接受 tDCS 阴极刺激后，被试的反应时都显著缩短。已有研究发现 tDCS 对认知功能的影响是依赖于特定任务和刺激脑区的，其效应并不像服用或注射药物一样通过被动吸收来影响大脑整体活动和认知功能，tDCS 要发挥作用，必须伴随一个任务，此任务要涉及一个控制某种特定认知功能的脑区，如果没有特定任务引起特定脑区的激活，只有单纯的 tDCS 刺激不足以影响该脑区神经元的动作电位变化(Clark et al., 2012; Parasuraman & McKinley, 2014)。由此可见，与任务关联的认知功能和特定脑区是影响 tDCS 效应的重要因素。已有研究表明 RTPJ 脑区在意图信息编码和意图、结果信息整合加工中都有显著激活(Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008)。在经典的伤人行为意图结果道德判断任务中，个体需要整合意图和结果信息才能做出合理的道德判断，所以 tDCS 刺激 RTPJ 主要影响了意图和结果整合加工中的意图信息输入(甘甜等, 2013)。而在助人行为道德判断中，由于个体对行为结果因素的考虑增加，任务对 RTPJ 整合功能的需求相对减少，因此 tDCS 刺激仅仅影响了意图加工本身，而与结果信息的加工没有交互作用。

已有研究表明，RTPJ 是心理理论的核心脑区，在道德判断过程中，RTPJ 的活动与心理归因、意图理解和整合等加工有密切关联(Koster-Hale, Bedny, & Saxe, 2014; Wang, Huang, Zhang, Zhang, & Cacioppo, 2015; Yu et al., 2015)。但这些研究大多采用 fMRI 等脑成像的方法，只能揭示 RTPJ 与道德判断认知加工的相关。最近的几个 tDCS 研究考察了 RTPJ 与道德判断意图加工及其与结果信息整合加工的因果关联，例如甘甜等人(2013)发现与假刺激条件相比，阳极刺激 RTPJ 后个体对伤人未遂和意外伤人条件的道德判断反应时显著延长；Sellaro 等人(2015)发现与阴极刺激和假刺激组相比，RTPJ 脑区接受阳极刺激的被试给予意外伤人情况更少的谴责；Ye 等人(2015)发现抑制左侧或右侧 TPJ 都能减少道德判断中意图的作用，导致被试更加依赖行为结果做出道德判断；Leloup, Miletich, Andriet, Vandermeeren 和 Samson 等人(2016)发现强度较低的阴极刺激 RTPJ 会导致被试对意外伤人情境给予更严苛的道德判断，而强度较高的阴极刺激 RTPJ 则会导致被试对意外伤人情境给予更加宽容的道德判断。虽然这些研究的范式和方法都很相似，其得到的 tDCS 效应却各不相同。研究者认为这种差异可能源于 RTPJ 在道德判断认知加工中的不同功能(Leloup et al., 2016)，在伤人行为的意图结果道德判断中，RTPJ 的活动可能涉及到三种心理状态加工：第一种是个体对故事主角的行为结果的信念加工。在意外伤人和伤人未遂条件下，主角对其行为结果的信念与实际情况存在冲突，即错误信念，个体对这种错误信念的加工引起 RTPJ 更高的激活；第二种是在伤人未遂和成功伤人条件下，故事主角的伤害他人信念与健康被试的“不愿伤害他人”的个人信念有所冲突，引起 RTPJ 更高的激活；第三种是在意外伤人条件下，对故事主角罪责的开脱和惩罚减轻引起 RTPJ 更高的激活。Leloup 等人提出在以上研究中，不同的实验情境与刺激参数影响了 RTPJ 在伤人行为道德判断中的不同功能贡献，从而导致了 tDCS 效应的差异(Leloup et al., 2016)。根据这个理论，基于本研究的结果可以推测在助人行为意图结果道德判断任务中，RTPJ 的功能主要涉及在做赞扬判断时对助人信念和意图的加工，所以当采用 tDCS 抑制 RTPJ 皮质兴奋性时，只有个体的助人意图加工受到显著影响。已有行为研究发现，个体对负性和正性事件的评价有所差异，在对负性的冲动行为做出谴责评价时，个体会考虑冲动因素的影响，而对正性行为做出评价时，则较少考虑这个因素(Pizarro et al., 2003)。本研究的实验结果表明在道德判断中这种正负性加工的不对称可能与其脑机制的差异有关。在伤人行为意图−结果道德判断任务中，RTPJ 更多地参与意图和结果信息的整合(Gan et al., 2015)，而在助人行为的意图−结果道德判断任务中，RTPJ 更多地涉及正性助人意图信息的加工。

近年来，大量研究揭示了 RTPJ 在模仿控制、测谎、认知共情和心理理论加工中的核心作用(Mai et al., 2016; Sowden & Catmur, 2015; Sowden, Wright, Banissy, Catmur, & Bird, 2015)，本研究的结果首次证实了 RTPJ 与助人意图加工的因果关联，使我们对 RTPJ 在道德推理和心理状态加工中的不同功能有了更进一步的认识，同时也是对助人行为研究领域的较好补充。本研究的结果揭示了 RTPJ 的活动在助人行为中的重要作用，同时也提示可以采用 tDCS 干扰和调制健康个体的助人意图加工。已有研究发现诸如孤独症患者等社会认知功能存在问题的个体在亲社会行为加工方面也有一定的缺陷(Reeve, Reeve, Townsend, & Poulson, 2007)，目前

主要靠认知行为治疗、游戏和视频等方式来改善这些群体的社交能力(Chung, Han, Shin, & Renshaw, 2016; Laghi et al., 2016), 本研究的结果提示结合tDCS 这种无侵袭性、无副作用的脑刺激技术将有助于提高传统方法的治疗效果。

未来研究还有许多问题承待探索: 首先, 本研究只考察了助人行为的意图结果道德判断, 与之前的伤人行为研究结果只能间接比较, 将来可以进一步采用被试内设计以比较助人行为和伤人行为道德判断的机制; 其次, 本研究只操控了意图和结果因素的正性和负性变化, 而没有系统操控涉及道德判断的情绪加工。情绪因素作为道德判断系统的一个重要组成成分, 对个体的道德判断加工具有重要影响。在将来的研究中, 一方面可以采用被试内设计, 直接比较个体对正性和负性事件做出道德判断的差异, 另一方面可以对情绪因素进行系统操控, 考察情绪加工在道德判断意图加工中的影响和作用; 第三, 本研究只考虑了阴极刺激 RTPJ 对助人行为意图加工的影响, Jacobson 等人(2012)采用元分析方法发现 tDCS 阳极刺激对认知功能的影响更大, 未来研究可进一步探索阳极刺激 RTPJ 脑区对助人意图加工的影响; 第四, 本研究揭示了 RTPJ 脑区的激活与助人意图加工的因果关系, 而助人意图是影响助人行为的重要因素, 未来研究可进一步探索该脑区活动与实际助人行为的关联。

5　结论

(1)意图与结果是影响助人行为道德判断的重要因素。相比伤人行为, 助人行为道德判断中, 个体对结果因素的考虑增加, 因此在赞扬度评分上只有意图与结果因素的主效应, 而没有显著交互作用。

(2)右侧颞顶联合区是助人意图加工的核心脑区, 使用经颅直流电刺激技术降低该脑区的皮质兴奋性后, 被试缩短了对正性意图的情境、即助人未遂和成功助人情境做出道德判断的反应时, 证明在道德判断中对助人意图信息的加工会受到 RTPJ 脑区激活状态的影响。

参　考　文　献

Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Finkenauer, C., & Vohs, K. D. (2001). Bad is stronger than good. *Review of General Psychology, 5*, 323–370.

Chung, U. S., Han, D. H., Shin, Y. J., & Renshaw, P. F. (2016). A prosocial online game for social cognition training in adolescents with high-functioning autism: An fMRI study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment, 12*, 651–660.

Clark, V. P., Coffman, B. A., Mayer, A. R., Weisend, M. P., Lane, T. D. R., Calhoun, V. D., ... Wassermann, E. M. (2012). TDCS guided using fMRI significantly accelerates learning to identify concealed objects. *NeuroImage, 59*, 117–128.

Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *NeuroImage, 85*, 895–908.

Eisenberg-Berg, N. (1979). Development of children's prosocial moral judgment. *Developmental Psychology, 15*, 128–137.

Filmer, H. L., Dux, P. E., & Mattingley, J. B. (2014). Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function. *Trends in Neurosciences, 37*, 742–753.

Gan, T., Li, W. Q., Tang, H. H., Lu, X. P., Li, X. L., Li, C., & Lu, J. Y. (2013). Exciting the right temporo-parietal junction with transcranial direct current stimulation influences moral intention processing. *Acta Psychologica Sinica, 45*, 1004–1014.

[甘甜, 李万清, 唐红红, 陆夏平, 李小俚, 刘超, 罗跃嘉. (2013). 经颅直流电刺激右侧颞顶联合区对道德意图加工的影响. *心理学报, 45*, 1004–1014.]

Gan, T., Lu, X. P., Li, W. Q., Gui, D. Y., Tang, H. H., Mai, X. Q., ... Luo, Y. J. (2015). Temporal dynamics of the integration of intention and outcome in harmful and helpful moral judgment. *Frontiers in Psychology, 6*, 2022.

Gobbini, M. I., Koralek, A. C., Bryan, R. E., Montgomery, K. J., & Haxby, J. V. (2007). Two takes on the social brain: A comparison of theory of mind tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*, 1803–1814.

Harenski, C. L., Antonenko, O., Shane, M. S., & Kiehl, K. A. (2010). A functional imaging investigation of moral deliberation and moral intuition. *Neuroimage, 49*, 2707–2716.

Huang, Y. X., & Luo, Y. J. (2006). Temporal course of emotional negativity bias: An ERP study. *Neuroscience Letters, 398*, 91–96.

Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2010). Processing of the incentive for social approval in the ventral striatum during charitable donation. *Journal of Cognitive Neuroscience, 22*, 621–631.

Jacobson, L., Koslowsky, M., & Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: A meta-analytical review. *Experimental Brain Research, 216*, 1–10.

Jurcak, V., Tsuzuki, D., & Dan, I. (2007). 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems. *Neuroimage, 34*, 1600–1611.

Karim, A. A., Schneider, M., Lotze, M., Veit, R., Sauseng, P., Braun, C., & Birbaumer, N. (2010). The truth about lying: Inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior. *Cerebral Cortex, 20*, 205–213.

Kawamichi, H., Yoshihara, K., Sugawara, S. K., Matsunaga, M., Makita, K., Hamano, Y. H., ... Sadato, N. (2016). Helping behavior induced by empathic concern attenuates anterior cingulate activation in response to others' distress. *Social Neuroscience, 11*, 109–122.

Keeser, D., Meindl, T., Bor, J., Palm, U., Pogarell, O., Mulert, C., ... Padberg, F. (2011). Prefrontal transcranial direct current stimulation changes connectivity of resting-state networks during fMRI. *Journal of Neuroscience, 31*, 15284–15293.

Koster-Hale, J., Bedny, M., & Saxe, R. (2014). Thinking about seeing: Perceptual sources of knowledge are encoded in the

theory of mind brain regions of sighted and blind adults. *Cognition, 133*, 65–78.

Koster-Hale, J., Saxe, R., Dungan, J., & Young, L. L. (2013). Decoding moral judgments from neural representations of intentions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110*, 5648–5653.

Laghi, F., Federico, F., Lonigro, A., Levanto, S., Ferraro, M., Baumgartner, E., & Baiocco, R. (2016). Peer and teacher-selected peer buddies for adolescents with autism spectrum disorders: The role of social, emotional, and mentalizing abilities. *The Journal of Psychology, 150*, 469–484.

Leiberg, S., Klimecki, O., & Singer, T. (2011). Short-term compassion training increases prosocial behavior in a newly developed prosocial game. *PLoS One, 6*, e17798.

Leloup, L., Miletich, D. D., Andriet, G., Vandermeeren, Y., & Samson, D. (2016). Cathodal transcranial direct current stimulation on the right temporo-parietal junction modulates the use of mitigating circumstances during moral judgments. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, 355.

Li, Y. X. (2013). *The effect of magnitude and possibility on moral judgment of helping behavior* (Unpublished master's thesis, pp. 33). Southwest University, Chongqing.

[李艳霞. (2013). *重要性及可能性对助人道德判断影响的实验研究*(硕士学位论文, pp. 33). 西南大学, 重庆.]

Liu, Y. L., Teng, Z. J., Lan, H. Y., Zhang, X., & Yao, D. Z. (2015). Short-term effects of prosocial video games on aggression: An event-related potential study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 9*, 193.

Loke, I. C., Evans, A. D., & Lee, K. (2011). The neural correlates of reasoning about prosocial-helping decisions: An event-related brain potentials study. *Brain Research, 1369*, 140–148.

Mai, X. Q., Zhang, W. L., Hu, X. M., Zhen, Z., Xu, Z. H., Zhang, J., & Liu, C. (2016). Using tDCS to explore the role of the right temporo-parietal junction in theory of mind and cognitive empathy. *Frontiers in Psychology, 7*, 380.

Malti, T., & Krettenauer, T. (2013). The relation of moral emotion attributions to prosocial and antisocial behavior: A meta-analysis. *Child Development, 84*, 397–412.

Moran, J. M., Young, L. L., Saxe, R., Lee, S. M., O'Young, D., Mavros, P. L., & Gabrieli, J. D. (2011). Impaired theory of mind for moral judgment in high-functioning autism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*, 2688–2692.

Neff, K. D., Turiel, E., & Anshel, D. (2002). Reasoning about interpersonal responsibility when making judgments about scenarios depicting close personal relationships. *Psychological Reports, 90*, 723–742.

Parasuraman, R, & McKinley, R. A. (2014). Using noninvasive brain stimulation to accelerate learning and enhance human performance. *Human Factors, 56*, 816–824.

Paulus, M., Kühn-Popp, N., Licata, M., Sodian, B., & Meinhardt, J. (2013). Neural correlates of prosocial behavior in infancy: Different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting. *Neuroimage, 66*, 522–530.

Perner, J., Aichhorn, M., Kronbichler, M., Staffen, W., & Ladurner, G. (2006). Thinking of mental and other representations: The roles of left and right temporo-parietal junction. *Social Neuroscience, 1*, 245–258.

Pizarro, D., Uhlmann, E., & Salovey, P. (2003). Asymmetry in judgments of moral blame and praise: The role of perceived metadesires. *Psychological Science, 14*, 267–272.

Rand, D. G., Greene, J. D., & Nowak, M. A. (2012). Spontaneous giving and calculated greed. *Nature, 489*, 427–430.

Rand, D. G., Peysakhovich, A., Kraft-Todd, G. T., Newman, G. E., Wurzbacher, O., Nowak, M. A., & Greene, J. D. (2014). Social heuristics shape intuitive cooperation. *Nature Communications, 5*, 3677.

Reeve, S. A., Reeve, K. F., Townsend, D. B., & Poulson, C. L. (2007). Establishing a generalized repertoire of helping behavior in children with autism. *Journal of Applied Behavior Analysis, 40*, 123–136.

Saxe, R. R., Whitfield-Gabrieli, S., Scholz, J., & Pelphrey, K. A. (2009). Brain regions for perceiving and reasoning about other people in school-aged children. *Child Development, 80*, 1197–1209.

Schulz, A. W. (2016). Altruism, egoism, or neither: A cognitive-efficiency-based evolutionary biological perspective on helping behavior. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 56*, 15–23.

Sellaro, R., Güroğlu, B., Nitsche, M. A., van den Wildenberg, W. P. M., Massaro, V., Durieux, J., ... Colzato, L. S. (2015). Increasing the role of belief information in moral judgments by stimulating the right temporoparietal junction. *Neuropsychologia, 77*, 400–408.

Shekhawat, G. S., Stinear, C. M., & Searchfield, G. D. (2015). Modulation of perception or emotion? A scoping review of tinnitus neuromodulation using transcranial direct current stimulation. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 29*, 837–846.

Shin, Y. I., Foerster, Á., & Nitsche, M. A. (2015). Transcranial direct current stimulation (tDCS)-Application in neuropsychology. *Neuropsychologia, 69*, 154–175.

Sowden, S., & Catmur, C. (2015). The role of the right temporoparietal junction in the control of imitation. *Cerebral Cortex, 25*, 1107–1113.

Sowden, S., Wright, G. R. T., Banissy, M. J., Catmur, C., & Bird, G. (2015). Transcranial current stimulation of the temporoparietal junction improves lie detection. *Current Biology, 25*, 2447–2451.

Wang, M. F., & Pang, W. G. (1997). Eisenberg's model of pro-social behavior. *Journal of developments in psychology, 5*(4), 36–41.

[王美芳, 庞维国. (1997). 艾森伯格的亲社会行为理论模式. *心理学动态, 5*(4), 36–41.]

Wang, W. W., Ma, T., & Li, Y. Y. (2013). The effects of the social value orientation and the expected results on helping behavior. *Science of Social Psychology, 28*(6), 13–16, 33.

[王伟伟, 马婷, 李媛媛. (2013). 价值取向和结果预期对助人行为的影响. *社会心理科学, 28*(6), 13–16, 33.]

Wang, X. K., & Zeng, X. C. (2008). The influence of result degree and familiarity on the willingness for help. *Journal of Ankang University, 20*(4), 93–96.

[王小康, 曾祥春. (2008). 结果程度和熟悉性对助人意愿的影响. *安康学院学报, 20*(4), 93–96.]

Wang, Y. W., Huang, L., Zhang, W., Zhang, Z., & Cacioppo, S. (2015). Spatio-temporal dynamics of kind versus hostile intentions in the human brain: An electrical neuroimaging study. *Social Neuroscience, 10*, 253–267.

Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and social Psychology, 54*, 1063–1070.

Weng, H. Y., Fox, A. S., Hessenthaler, H. C., Stodola, D. E., & Davidson, R. J. (2015). The role of compassion in altruistic helping and punishment behavior. *PLoS One, 10*, e0143794.

Ye, H., Chen, S., Huang, D. Q., Zheng, H. L., Jia, Y. M., & Luo, J. (2015). Modulation of neural activity in the

temporoparietal junction with transcranial direct current stimulation changes the role of beliefs in moral judgment. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 659.

Yi, G. S., Wang, J., Wei, X. L., & Deng, B. (2016). Developments of neural effects induced by noninvasive brain modulation. *Chinese Science Bulletin, 61*, 819–834.

[伊国胜, 王江, 魏熙乐, 邓斌. (2016). 无创式脑调制的神经效应研究进展. *科学通报, 61*, 819–834.]

Young, L., Camprodon, J. A., Hauser, M., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2010). Disruption of the right temporoparietal junction with transcranial magnetic stimulation reduces the role of beliefs in moral judgments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107*, 6753–6758.

Young, L., Cushman, F., Hauser, M., & Saxe, R. (2007). The neural basis of the interaction between theory of mind and moral judgment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104*, 8235–8240.

Young, L., & Dungan, J. (2012). Where in the brain is morality? Everywhere and maybe nowhere. *Social Neuroscience, 7*, 1–10.

Young, L., & Saxe, R. (2008). The neural basis of belief encoding and integration in moral judgment. *NeuroImage, 40*, 1912–1920.

Young, L., & Saxe, R. (2009). An FMRI investigation of spontaneous mental state inference for moral judgment. *Journal of Cognitive Neuroscience, 21*, 1396–1405.

Young, L., Scholz, J., & Saxe, R. (2011). Neural evidence for "intuitive prosecution": The use of mental state information for negative moral verdicts. *Social Neuroscience, 6*, 302–315.

Yu, H. B., Li, J., & Zhou, X. L. (2015). Neural substrates of intention-consequence integration and its impact on reactive punishment in interpersonal transgression. *Journal of Neuroscience, 35*, 4917–4925.

Zhang, X. K., Gai, X. S., Chen, C. Q., & Song, X. D. (1996). The development of helping behaviors of children and elder perple under the current social situation, an experimental study. *Psychological Development and Education, 12*(2), 6–11.

[张向葵, 盖笑松, 陈彩琦, 宋小冬. (1996). 当前社会形势下儿童-老年助人行为发展的实验研究. *心理发展与教育, 12*(2), 6–11.]

Cathodal transcranial direct current stimulation on the right temporo-parietal junction modulates the helpful intention processing

GAN Tian[1]; SHI Rui[1]; LIU Chao[2]; LUO Yuejia[3]

([1] *Department of Psychology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou* 310018, *China*)

([2] *State Key Laboratory of Cognitive Neurosciences and Learning, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*)

([3] *College of Psychology and Sociology, Shenzhen University, Shenzhen* 518060, *China*)

([4] *Institute of Affective and Social Neuroscience, Shenzhen University, Shenzhen* 518060, *China*)

([5] *Applied Psychological Research Center of Chengdu Medical College*, *Chengdu* 610083, *China*)

Abstract

Helping behaviors are critically important for human social development. However, most moral neuroscience studies have concentrated on immoral and negative behaviors such as killing, murder and harm. The neural mechanism of helpful intention processing in moral judgment is still unclear. Functional MRI studies have demonstrated the involvement of the right temporo-parietal junction (RTPJ) in the attribution of mental states. Previous studies have found that the role of intention processing in harmful moral judgment can be modulated by changing the cortical excitability of RTPJ with transcranial direct current stimulation (tDCS). Will the RTPJ play a critical role in the intention processing during moral judgment of helpful behavior? In order to explore the potential causal role of RTPJ in helpful moral judgement, the present study manipulates the cortical excitability of RTPJ with cathodal tDCS. We hypothesize that inhibiting the neural activity of RTPJ with cathodal tDCS could influence the role of intention processing in helpful moral judgment.

To test the hypothesis, 18 healthy right-handed adults participated in this study. All participants underwent both cathodal and sham tDCS sessions in random order. Participants were counter-balanced in 2 separate days with a 1 week interval between both stimulations. To assure the target cortex to be activated completely, a relatively weak current (1.5 mA) was constantly delivered over the RTPJ for 20 min. For the sham tDCS, the stimulation only lasted for 15 sec. After stimulation, participants read stories in a 2 (intention: positive vs. neutral) × 2 (outcome: positive vs. neutral) design and were asked to make moral judgment about how much

praise the actor deserves. We analyzed the praise score and reaction time by a 2 (intention) × 2 (outcome) × 2 (tDCS: cathodal, sham) repeated measures ANOVA.

Results showed that actors with positive intentions were judged more praiseworthy than those with neutral intentions, and actors producing positive outcomes were judged more praiseworthy than those causing neutral outcomes. However, there was no significant interaction between intention and outcome. For the reaction time, judgments of positive intentions were faster than that of neutral intentions. The responses to positive outcomes were faster than neutral outcomes. Most importantly, the moral judgments were faster under cathodal tDCS than sham tDCS stimulation, especially under the positive intention condition rather than the neutral intention condition.

The present study assessed the potential effect of the tDCS on helpful intention processing in moral judgment. Our findings indicate that the response times of moral judgment in the positive intention condition were shorten after receiving the cathodal stimulation, suggesting that altering the cortical excitability in the RTPJ could influence human's socio-cognitive ability. These results demonstrate the critical role of RTPJ in intention processing during helpful moral judgment, which provides us a better understanding about the role of RTPJ in moral judgment and helping behaviors.

Key words intention to help others; consequence; moral judgment; right temporo-parietal junction (RTPJ); transcranial direct current stimulation (tDCS)